

## Beschreibung

Vollfarbige organische Anzeige mit Farbfiltertechnologie und angepasstem weißen Emittermaterial sowie Verwendungen dazu

5

Die Erfindung betrifft eine vollfarbige organische Leuchtanzeige (Organic Light Emitting Diode-Anzeige, kurz „OLED-Anzeige“) mit verbesserter Farbstabilität, insbesondere eine Leuchtanzeige, bei der die Farben durch Farbfilter, die vor einem Emittier angeordnet sind, erzeugt werden. Außerdem betrifft die Erfindung die Verwendung solcher OLED-Anzeigen, beispielsweise im Bereich Kommunikation, Automotive, Consumer-Elektronik, Business, Medizintechnik, industrielle Elektronik oder Haushaltsgeräte.

10

Bekannt sind OLEDs, beispielsweise zur Herstellung vollfarbiger Displays, die folgendermaßen aufgebaut sind: Auf ein mit ITO (Indium Tin Oxide) beschichtetes Substrat wird eine Emittorschicht aufgebracht, oftmals auf einer zusätzlichen planarisierenden und/oder lochtransportierenden Zwischenschicht.

20

Die Emittorschicht kann entweder in Pixel (Einzelpunkte) strukturiert sein und aus verschiedenen emittierenden Materialien bestehen (typischerweise rot, grün und blau) oder aus einem einheitlich emittierendem Material, wobei die einzelnen Farbpixel durch vorgeschaltete Farbfilter erzeugt werden (Farbfiltertechnologie). Um hierbei auf der Anzeige eine vorgegebene Farbe (z.B. den Weißpunkt) zu erreichen, werden die Subpixel der einzelnen Farben mit einem bestimmten Stromverhältnis getrieben, das von dem Emittermaterial und den Farbfiltern abhängt.

25

Alle Farben, die ein Mensch erkennen kann, sind beispielsweise durch einen Bereich im sogenannten CIE-Diagramm definiert. Innerhalb dieser Fläche können Segmente oder Untermengen abgesteckt werden, die die Farben eingrenzen, die für den Aufbau eines vollfarbigen Displays ausreichen. Umschlossen ist von dieser Untermenge in jedem Fall der sogenannte white

point oder Weißpunkt, an dem die Anzahl und Intensität der jeweiligen Subpixel so gewählt ist, dass die Farbe weiß emittiert wird.

5 Um eine weiße Emission bei organischen Leuchtdioden zu erzielen, werden beispielsweise in aktuellen Vollfarb-Displays mit strukturierter Emitterschichten die Subpixel rot, grün und blau mit einem Intensitäts-Verhältnis von 1.2 (rot) zu 1 (grün) zu 1.8 (blau) betrieben. Das heißt, dass die blauen  
10 Subpixel fast mit der doppelten Stromdichte getrieben werden wie die grünen. Unter der Voraussetzung, dass die einzelnen Subpixel-Sätze bei gängigen Anwendungen von vollfarbigen Displays im Mittel so getrieben werden, dass als durchschnittliche Farbe der Weißpunkt wiedergegeben wird, altern die blauen  
15 Subpixel auch etwa doppelt so schnell wie die grünen. Als Resultat ändert sich die tatsächlich angezeigte Farbe bei einem alternden Display.

20 Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein vollfarbiges Display zu schaffen, bei dem gleichbleibende Farben über die gesamte Lebensdauer der organischen Anzeige mit Farbfiltertechnologie erhalten bleiben.

25 Diese Aufgabe wird durch ein farbiges Display mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Verwendungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

30 Gegenstand der Erfindung ist eine farbige organische Anzeige (OLED-Display) mit Pixeln, die jeweils einen Subpixel-Satz mit den Farben Rot, Grün und Blau umfassen, mit:  
- einem Substrat, das zumindest teilweise durchlässig für sichtbares Licht ist,  
- einem strukturierten Farbfilter, der die Farben der Subpixel erzeugt und nachfolgend auf das Substrat angeordnet ist,

- einer ersten Elektrode nachfolgend auf den Farbfilter, die zumindest teilweise durchlässig für sichtbares Licht ist,
- mindestens einer aktiven Schicht nachfolgend auf die erste Elektrode, die ein Emittermaterial enthält, das geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, dessen Spektrum so auf den Farbfilter abgestimmt ist, das die Pixel bei Ansteuerung mit einem gleichen elektrischen Signal Licht aussenden, dessen Farbort im weißen Bereich des CIE-Diagramms liegt, und
- 5 - einer zweiter Elektrode nachfolgend auf die aktive Schicht.
- 10 - einer zweiter Elektrode nachfolgend auf die aktive Schicht.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform fungiert die erste Elektrode als Anode und umfasst Indium-Zinn-Oxid (ITO), da ITO 15 ein Material mit hoher Austrittsarbeit für Elektronen und im Wesentlichen durchlässig für sichtbares Licht ist.

Gemäß der vorliegenden Erfindung umfassen die Subpixel alle das gleiche Emittermaterial und der unterschiedliche Farbeindruck, rot, grün und blau wird durch einen strukturierten Farbfilter erzeugt. Der Farbfilter ist so strukturiert, dass er im Bereich der Subpixel Transmission für sichtbares Licht der jeweils gewünschte Farbe zeigt. Dies bietet gegenüber farbigen Displays mit Subpixel aus verschiedenfarbige Emittern 20 produktionstechnische Vorteile, da nur ein Material verarbeitet werden muss. Weiterhin spielt es bei Verwendung eines einheitlichen Emittermaterials für die Qualität des Displays keine Rolle, wenn sich Emittermaterial verschiedener 25 Subpixel geringfügig vermischt.

30 Erfindungsgemäß wird ein maßgeschneideter Breitband-Emitter, der jeweils auf die Durchlässigkeit der Farbfilter abgestimmt ist, eingesetzt. Diese Kombination ermöglicht es erstmals, alle drei Subpixel-Sätze mit der gleichem Strom oder Intensität 35 oder Helligkeit zu betreiben und überkommt damit das Problem der ungleichen Alterung/Lebensdauer der Subpixel-Sätze, das bislang sowohl bei den Tintenstrahldruckverfahren

als auch bei den Breitbandemittern, die großflächig aufgetragen werden und mittels Farbfilter verschieden farbig emittieren, besteht und große Schwierigkeiten bei der Realisierung vollfarbiger Displays verursacht. Aufgrund der unterschiedlichen 5 Transmission der einzelnen Farbfilter werden diese Subpixel nach dem Stand der Technik alle mit verschiedener Stromstärke getrieben.

Da das Emittermaterial so auf das Spektrum des Farbfilters ausgelegt ist, dass alle Subpixel mit dem gleichen elektrischen 10 Signal betrieben werden können, altert das aktive Material der Emitterschicht gleichartig. Vorteilhafterweise bleibt daher der Farbeindruck der Anzeige mit der Betriebsdauer im Wesentlichen konstant.

15 Durch das Treiben der drei Subpixel-Sätze mit gleichem Strom wird erreicht, dass die Pixel eines vollfarbigen Displays bei durchschnittlich gleichmäßiger Ansteuerung der verschiedenen Farben ungefähr eine gleiche Lebensdauer haben.

20 Die für ein Pixel im Betrieb verwendete Stromdichte hat einen unmittelbaren Einfluss auf die Lebensdauer des Emittermaterials. So sinkt die Lebensdauer eines Pixels mindestens um einen Faktor 2, wenn die Helligkeit des Pixels durch Erhöhung 25 der Stromdichte um den Faktor 2 gesteigert wird.

Es ist Gegenstand der Erfahrung eine OLED-Anzeige deren einzelne Subpixel des Subpixel-Satzes rot, grün und blau die gleiche Lebensdauer haben.

30 Bei einer Ausführungsform der farbigen organischen Anzeige enthält das Emittermaterial Polymere mit ersten Chromophoren, die einen grünen Farbeindruck vermitteln und zweite Chromophore, die einen roten Farbeindruck vermitteln. Die ersten 35 (grünen) Chromophoren und die zweiten (roten) Chromophoren können den Polymeren zugemischt (sog. Polymer blends) oder kovalent an diese gekoppelt sein.

Bevorzugt werden bei dieser Ausführungsform blau emittierende Polymere als Emittermaterial verwendet, wie beispielsweise Polyspiro- oder Polyfluorenverbindungen, an die rote und grüne Chromophore kovalent gekoppelt werden. Durch das kovalente Koppeln roter und grüner Chromophore an die blau emittierenden Polymere werden weiß emittierende Copolymeren erzeugt.

Es ist auch denkbar die Chromophore an unterschiedliche Polymere zu koppeln und diese zu mischen. Der Anteil der jeweiligen Chromophoren ist bevorzugt so gewählt, dass das Emissionsspektrum des Emittermaterials an das Transmissionsspektrum des Farbfilters so angepasst ist, dass die Subpixel mit dem gleichen elektrischen Signal angesteuert werden können.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der farbigen organischen Anzeige enthält das Emittermaterial weiterhin Chromophore, die einen blauen Farbeindruck erzeugen. Mit Hilfe zusätzlicher blauer Chromophoren kann das Emissionsspektrum des Emittermaterials besonders einfach und genau an das Transmissionsspektrums eines Farbfilters zur Erzeugung roter, grüner und blauer Subpixel angepasst werden.

Schließlich ist Gegenstand der Erfindung die Verwendung einer organischen Anzeige mit Farbfiltertechnologie nach der Erfindung, beispielsweise im Bereich Kommunikation, Automotive, Consumer-Elektronik, Business, Medizintechnik, industrielle Elektronik oder Haushaltsgeräte

Im folgenden wird die Erfindung anhand der folgenden Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Figuren 1 bis 4 und 5a bis 5d erläutert.

Es zeigen:

Figur 1, schematische Schnittansicht durch ein farbiges Display gemäß der Erfindung,

Figur 2, das CIE-Diagramm,

Figur 3, Transmissionsspektren zweier Filtersätze #1 und #2,

5

Figur 4, Emissionsspektrum eines Breitbandemitters mit roten und grünen Chromophoren, die an ein blau emittierendes Polymer kovalent gekoppelt sind, und

10 Figuren 5a bis 5d, chemische Strukturen der farbgebenden Untereinheiten und einer lochtransportierende Untereinheit eines Emittermaterials.

15 In den Ausführungsbeispielen und den Figuren sind gleiche oder gleich wirkende Bestandteile jeweils mit den gleichen Bezugssymbolen versehen. Die dargestellten Elemente der Figuren, insbesondere die Schichtdicken, sind nicht als maßstabsge- recht anzusehen. Vielmehr können sie zum besseren Verständnis teilweise übertrieben groß dargestellt sein.

20

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 unterteilt sich jeweils ein Pixel 1 der farbigen organischen Anzeige in ein rotes 2, ein grünes 3 und ein blaues 4 Subpixel. Hierzu ist auf einem Substrat 5 ein strukturierter Farbfilter 6 aufgebracht.

25 Das Substrat 5 ist im Wesentlichen durchsichtig für sichtbares Licht und besteht beispielsweise aus Glas. Insbesondere für flexible Anwendungen können aber auch Substrate aus lichtdurchlässigen Kunststoffen, wie beispielsweise Poly(ethylenterephthalat) (PET), Poly(butylenterephthalat) (PBT), Poly(enthylennaphthalat) (PEN), Polycarbonat (PC), Polyimid (PI), Polysulfon (PSO), Poly(*p*-Phenylenethersulfon) (PES), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Poly(vinylchlorid) (PVC), Polystyrol (PS) und Poly(methylmethacrylat) (PMMA) verwendet werden.

35

Der strukturierte Farbfilter 6 weist unterschiedliche Felder auf, die jeweils Licht mit der gewünschte Farbe des Subpixels 2, 3, 4 transmittieren. Diese Felder umfassen beispielsweise Polyacrylate, die mit Pigmenten versehen sind um den gewünschten Farbeindruck zu erzeugen. Diese Materialien können beispielsweise nasschemisch durch photolithographische Prozesse aufgebracht werden.

Auf dem strukturierten Farbfilter 6 ist eine Anode 7 aus Indium-Zinn-Oxid (ITO) aufgebracht. Diese kann ganzflächig oder strukturiert, beispielsweise entsprechend den Felder des Farbfilters 6 ausgebildet sein. ITO wird beispielsweise durch Sputtern aufgebracht.

Nachfolgend auf die Anode 7 ist eine aktive Schicht 8 angeordnet, die ein Emittermaterial umfasst. Nachfolgend auf die aktive Schicht 8 folgt eine Kathode 9, die vorzugsweise aus einem Material mit geringer Austrittsarbeit für Elektronen gefertigt ist. Die Kathode 9 kann beispielsweise Magnesium oder Calcium umfassen. Zwischen der aktiven Schicht 8 und den Elektroden können auch weitere Schichten, wie beispielsweise lochtransportierende oder elektronentransportierende Schichten angeordnet sein.

Figur 2 zeigt die CIE Koordinaten aller für den Menschen sichtbaren Farben und als Ausschnitt daraus ein Dreieck, das ungefähr die Menge an Farben umschließt, die beispielsweise ein Farbfernseher nach heutigen Ansprüchen wieder zu geben in der Lage sein soll.

Diese Untermenge umschließt den sogenannten Weißpunkt, der definitionsgemäß bei den CIE-Koordinaten  $x=0,33$  /  $y=0,33$  liegt. Ein Maß für die Gleichmäßigkeit der Farbwiedergabe in einem vollfarbigen Display ist die Entfernung des Mischpunktes, der bei gleicher Ansteuerung der Subpixel-Sätze entsteht, vom Weißpunkt.

Für die meisten üblichen Farbfiltersysteme ist es wünschenswert, dass das Emittermaterial so angepasst ist, dass der Rot-Grün-Blau- (RGB) -Mischpunkt bei gleichmäßiger Ansteuerung auf 5 dem Weißpunkt ( $x=0,33$  /  $y=0,33$ ) liegt (Figur 2). Je nach Transmissionsspektrum der Filter kann jedoch auch ein anderer Farbort angestrebt werden.

Figur 3 zeigt die Transmission zweier Farbfiltersätze 10 für rot, grün und blau, die gestrichelte Linie zeigt eine aufeinander abgestimmte Kombination aus Emittermaterial und einem Filtersatz (filter set) #1, das aus handelsüblichen Filtern besteht.

15 Die durchgezogenen Linien in Figur 3 geben die Transmission einer aufeinander abgestimmten Kombination aus Emittermaterial und Filtersatz #2 (rot, grün und blau umfassend) wieder, die bei gleichmäßiger Ansteuerung, also gleichen Treiberbedingungen, zusammen weiß am Punkt (0,33; 0,33) erzeugt.

20 Der Filtersatz #2 wurde optimiert im Hinblick auf bessere Durchlässigkeit, so dass bei gleicher Stromdichte eine höhere Transmission eine größere Helligkeit ermöglicht. Für den Filtersatz #1 siehe Figur 3, dort die gestrichelten Linien, wurde 25 eine Auswahl an handelsüblichen Filtern gewählt.

Figur 4 zeigt ein an den Farbfiltersatz #2 angepasstes Emissionsspektrum des organischen Emitters. Das Emittermaterial besitzt ein breitbandiges Emissionsspektrum, das beispiels-30 weise drei breitbandige Komponenten Rot, Grün und Blau mit Maxima bei ca. 450, 580 und 640 nm umfasst.

Die in Figur 4 gezeigte Emissionscharakteristik erhält man beispielsweise bei organischen Emittermaterialien (auf Basis 35 kleiner Moleküle oder Polymere, und dort Blends oder Kopolymeren), die aus rot, grün und blau emittierenden Strukturelementen aufgebaut sind. Bekannt sind unter anderem Polyspiro-

oder Polyfluorene, die über diese rot, grün und blau emittierenden Strukturelemente beispielsweise eine in Figur 3 gezeigte breitbandige Emissionscharakteristik aufweisen. Das Material enthält die zumindest drei Chromophore 10, 11, 12 5 entweder in Form von Polymeren und/oder blends von Polymeren und deren Kopolymeren oder in Form von small molecules. Small molecules werden beispielsweise mit einer Aufdampftechnik aufgebracht, wohingegen die polymeren Emittermaterialien beispielsweise durch Aufschleudern oder Drucktechniken aufgebracht werden. 10

Eine Anpassung der Chromophorenverhältnisse auf die Farbfiltersätze 6 gemäß der vorliegen Erfindung führt zu einem optimalen Verhältnis der Peak-Intensitäten von 0,18 (rot) zu 0,91 15 (grün) zu 1 (blau) für den Filtersatz #2 .

Als breitbandiges Emittermaterial werden gemäß eines Ausführungsbeispiels Kopolymere eingesetzt, die folgende farbgebende Untereinheiten (Chromophore) 10, 11, 12 umfassen: blau emittierende Spirobifluoreneinheiten 12 (vergleiche Figur 5a), 20 grün emittierende Phenylenvinylen Oligomereinheiten (OPV) 10 (vergleiche Figur 5c) und rot emittierende Einheiten 11 (vergleiche Figur 5d). Weiterhin umfasst das Emittermaterial kovalent gekoppelte lochtransportierende Einheiten 13 (vergleiche Figur 5b). 25

Durch Variation des Gehaltes der einzelnen Chromophore 10, 11, 12 kann der Farbort des emittierten Lichtes innerhalb des Bereiches, der durch die Farborte der einzelnen Chromophoren 30 10, 11, 12 innerhalb des CIE-Diagramms aufgespannt wird, eingestellt werden.

Um ein Emittermaterial zu erhalten, dass Licht mit einem Farbort nahe des Weißpunktes (0.33; 0.33) zu erhalten, werden 35 beispielsweise ca. 1% grün emittierende OPV-Einheiten 10 und ca. 1% rot emittierende Einheiten 11 an Kopolymere aus blau emittierende Spirobifluoreneinheiten 12 und lochtransportie-

rende Einheiten 13 kovalent gekoppelt. Dieses Emittermaterial kann beispielsweise durch Druckverfahren, wie Siebdruckverfahren oder Spincoating aufgebracht werden.

- 5 Die Erfindung stellt erstmals eine organische Anzeige mit Farbfiltertechnologie zur Verfügung, die durch gleichmäßige Ansteuerung das Problem der ungleichen Alterung der Subpixel 2, 3, 4 überwindet.
- 10 Der Umfang der Erfindung ist nicht durch die Beschreibung der Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn diese 15 Kombination nicht explizit in den Patentansprüchen angegeben ist.

## Patentansprüche

1. Farbige organische Anzeige (OLED-Display) mit Pixeln (1), die jeweils einen Subpixel-Satz (2, 3, 4) mit den Farben Rot, Grün und Blau umfassen, mit:
  - 5 - einem Substrat (5), das zumindest teilweise durchlässig für sichtbares Licht ist,
  - einem strukturierten Farbfilter (6), der die Farben der Subpixel (2, 3, 4) erzeugt und nachfolgend auf das Substrat (5) angeordnet ist,
  - 10 - einer ersten Elektrode (7, 9) nachfolgend auf den Farbfilter (6), die zumindest teilweise durchlässig für sichtbares Licht ist,
  - mindestens einer aktiven Schicht (8) nachfolgend auf die erste Elektrode (7, 9), die ein Emittermaterial enthält, das geeignet ist, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, dessen Spektrum so auf den Farbfilter (6) abgestimmt ist, das die Pixel (1) bei Ansteuerung mit einem gleichen elektrischen Signal Licht aussenden, dessen Farbort im weißen Bereich des CIE-Diagramms liegt, und
  - 15 - einer zweiter Elektrode (7, 9) nachfolgend auf die aktive Schicht (8).
2. Organische Anzeige nach Anspruch 1, bei der das Emittermaterial Polymere enthält mit:
  - 25 - ersten Chromophoren (10), die einen grünen Farbeindruck erzeugen, und
  - zweiten Chromophoren (11), die einen roten Farbeindruck erzeugen.
3. Organische Anzeige nach Anspruch 2, bei der die Polymere Chromophore (12) enthalten, die einen blauen Farbeindruck erzeugen.
- 35 4. Organische Anzeige nach einem oder obigen Ansprüche, deren erste Elektrode (7, 9) eine Anode ist und die ITO umfasst.

5. Organische Anzeige nach einem der obigen Ansprüche, bei  
der die aktive Schicht (8) Polyspiroverbindungen enthält.

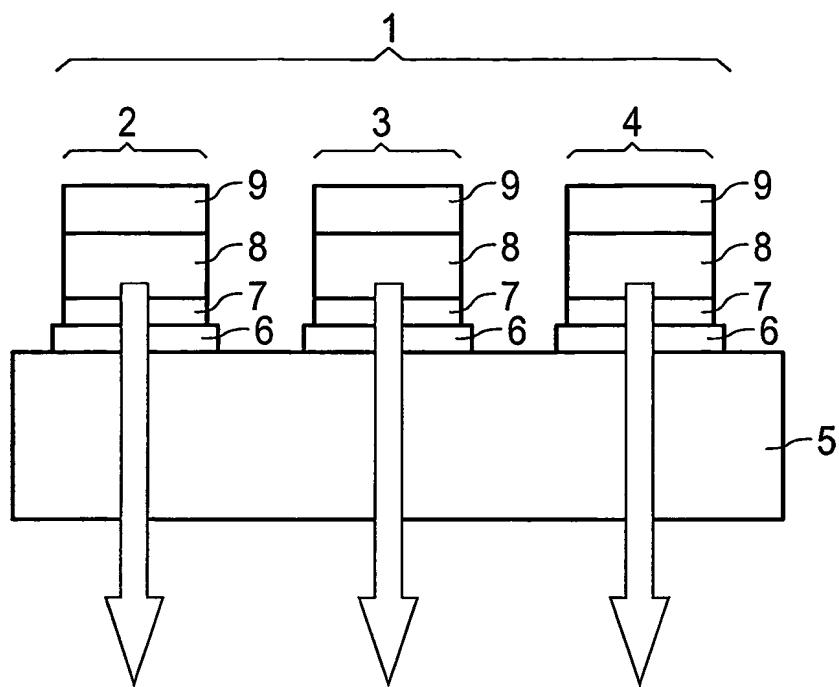
5 6. Organische Anzeige nach einem der obigen Ansprüche, bei  
der die aktive Schicht (8) Polyfluorenverbindungen ent-  
hält.

10 7. Organische Anzeige nach einem der obigen Ansprüche, bei  
der die einzelnen Subpixel (2, 3, 4) des Subpixel-Satzes  
die gleiche Lebensdauer haben.

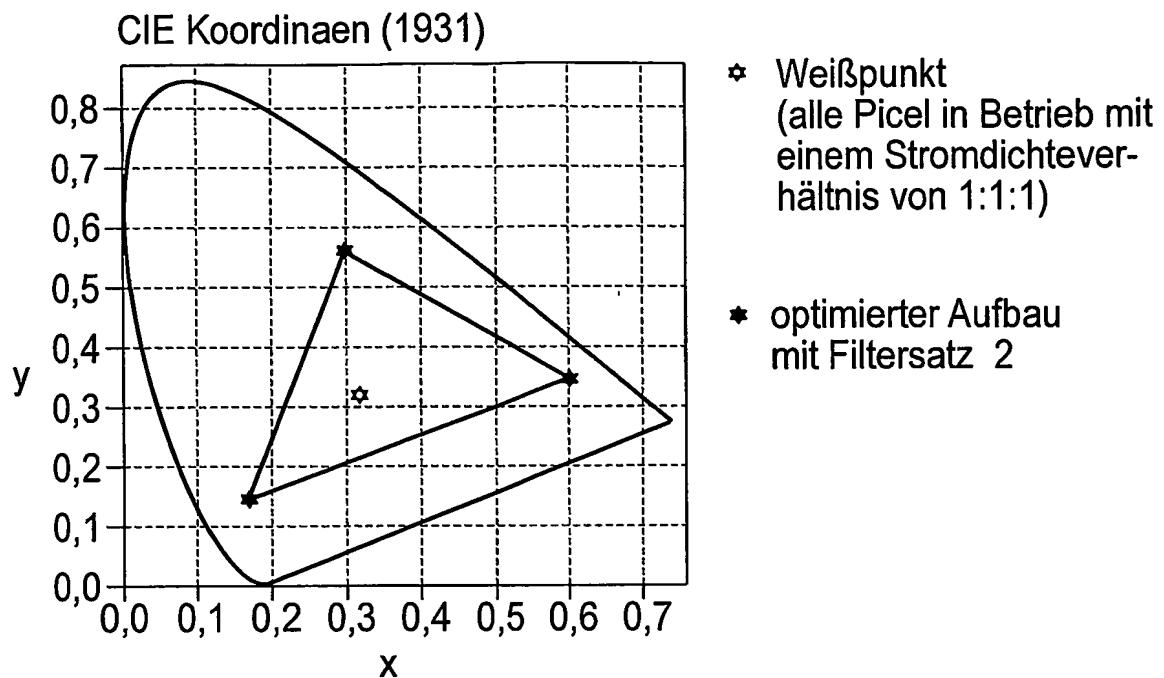
15 8. Verwendung einer organischen Anzeige mit Farbfiltertech-  
nologie (6) nach einem der obigen Ansprüche in der Elekt-  
ronik.

9. Verwendung einer organischen Anzeige mit Farbfiltertech-  
nologie (6) nach einem der obigen Ansprüche für Beleuch-  
tungszwecke mit einstellbarer Farbe.

FIG 1



**FIG 2**  
CIE Koordinaten



**FIG 3**

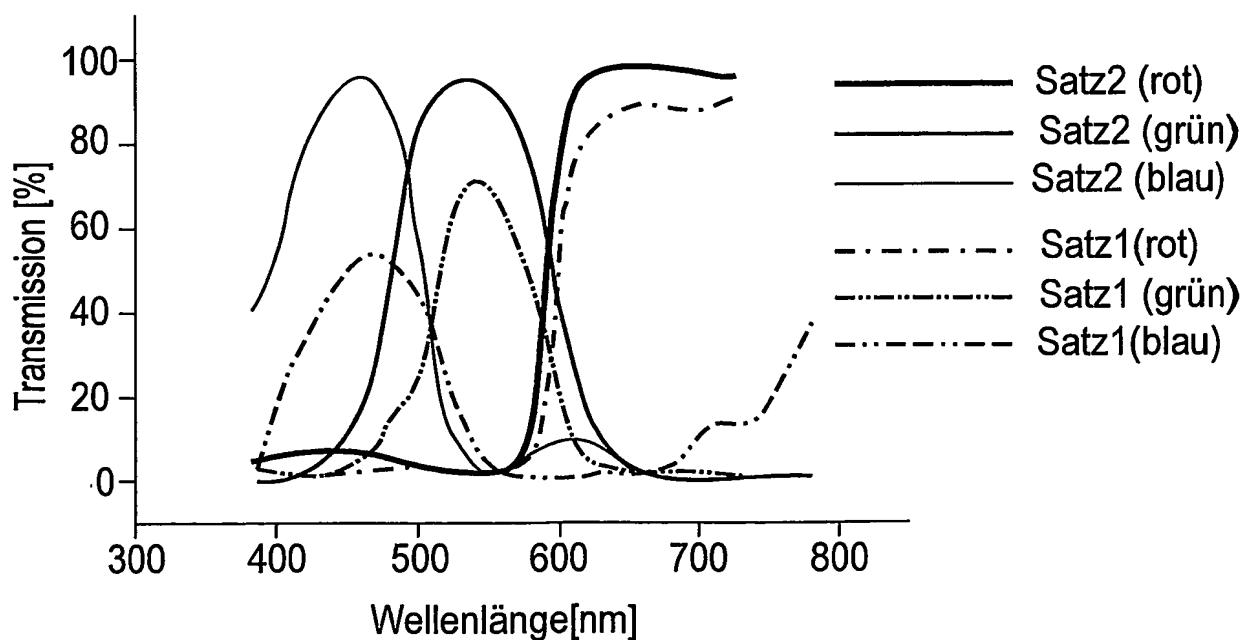


FIG 4

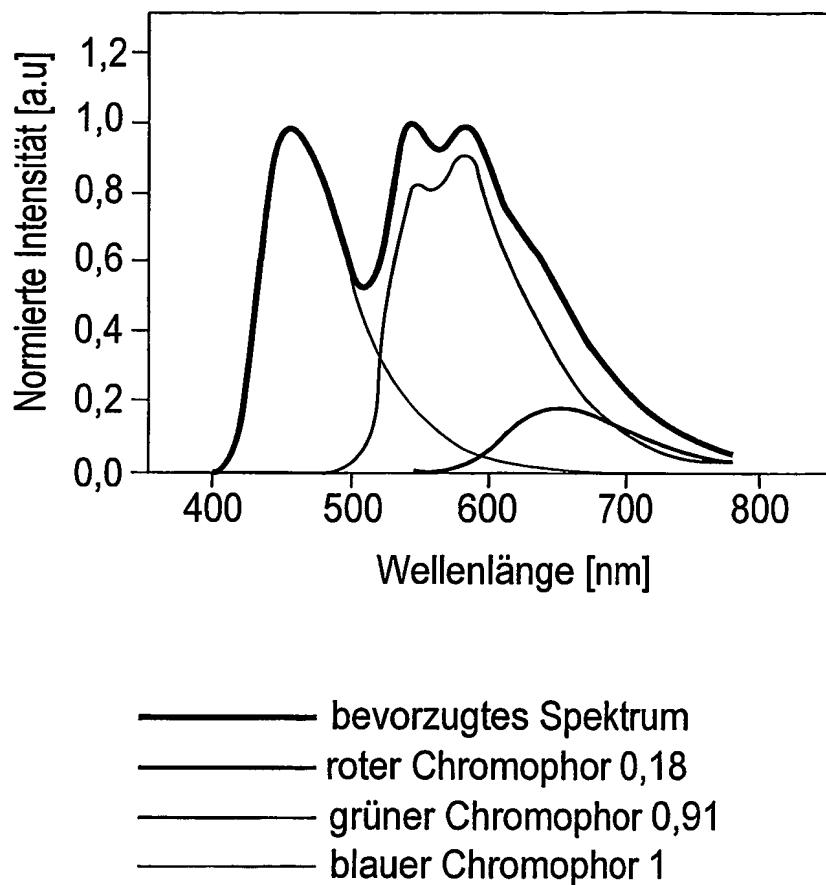


FIG 5A

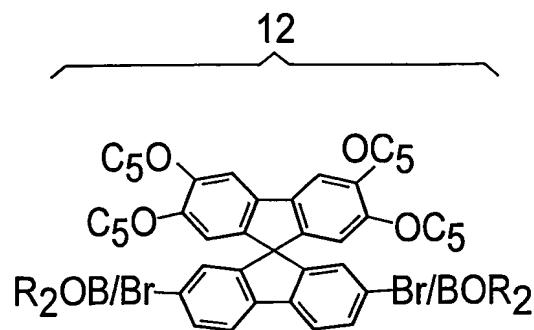


FIG 5B

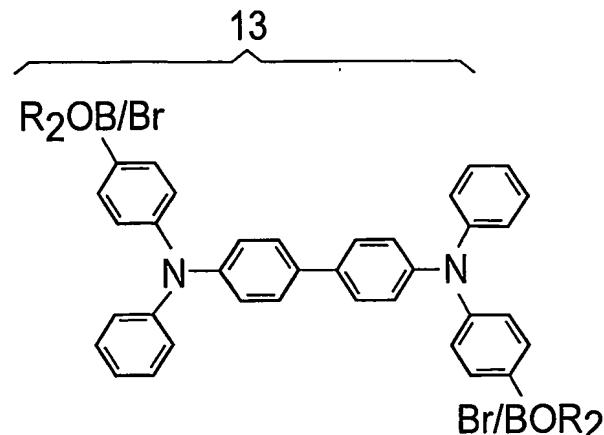


FIG 5C

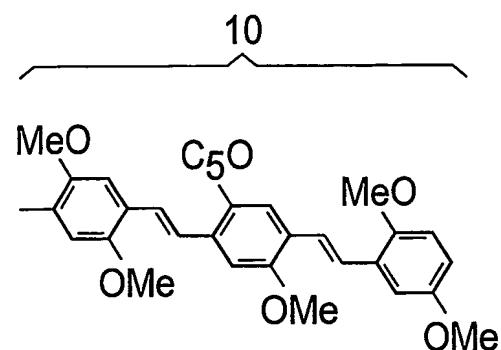


FIG 5D

